

Л. Е. БАХНОВ, канд. техн. наук, директор ГП «НИИ «ХЭМЗ», Харьков;
В. Н. ПАНАСЕНКО, инж., зам.директора ГП «НИИ «ХЭМЗ», Харьков

БЛОК ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ.

В настоящее время на железнодорожных магистралях промышленных комбинатов используются электровазы Днепропетровского электровазостроительного завода. Электроваз рассчитан на питание от контактной сети однофазным током 50Гц с номинальным напряжением 10 кВ. Непосредственно на электровазе устанавливается силовой трансформатор, две преобразовательные установки (два блока выпрямительных полупроводниковых типа ВПБ – 6000 У2 производства РФ) разработки 1987 года.

Эти блоки имеют ряд существенных недостатков:

- большое количество используемых силовых полупроводниковых приборов (диодов Д143 – 630 – 84 шт., тиристоров Т143 – 500 – 24 шт.) с RC – цепями;
- вместе с потоком воздуха, охлаждающего силовые полупроводниковые приборы, в установку попадает токопроводящая пыль, из-за чего относительно часто происходит аварийное отключение преобразователя;
- затруднен ремонт блока из-за ограниченности размеров и насыщенности установленными элементами, кроме того большая масса изделия (1 100 кг) и сложность ремонта связаны с разборкой конструкции самого электроваза и ремонтом в условиях специализированной мастерской.

В институте проведена инициативная разработка нового блока выпрямителя, лишенного вышеуказанных недостатков. Но при этом сохранены габаритно-установочные размеры существующих блоков и места расположения клеммников.

На рис.1. показан общий вид блока выпрямительного полупроводникового модернизированного типа ВПБМ — 6000 У2

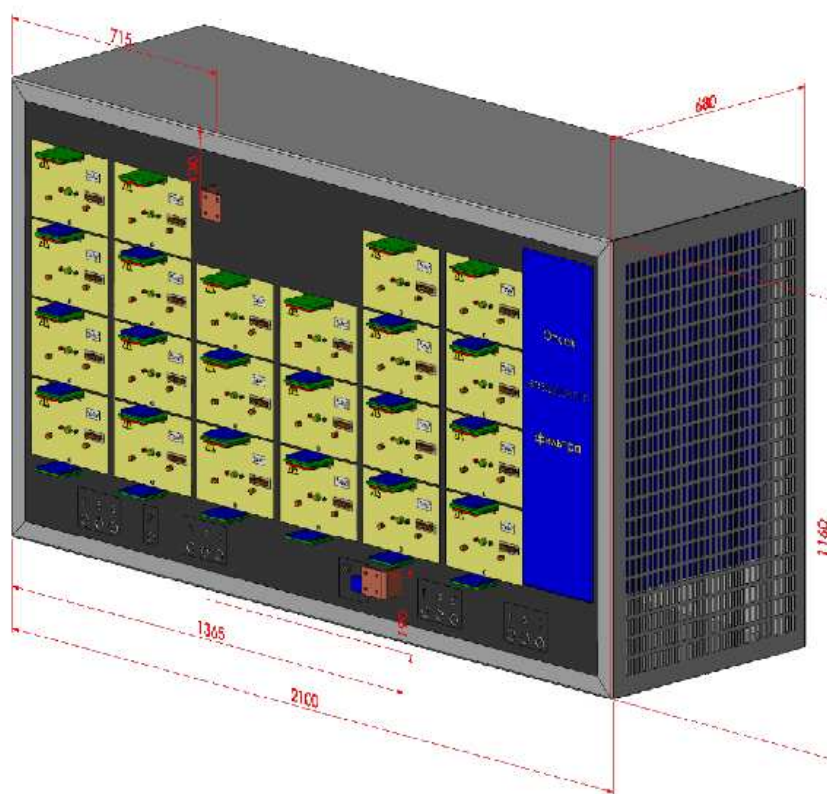


Рис.1. Общий вид типа ВПБМ — 6000 У2.

Каждое плечо содержит одну ветвь вместо шести параллельных. Это обеспечивается применением мощных таблеточных тиристоров Т173 – 5000 – 8 и таблеточных диодов Д163 – 2500 – 32. Наличие в плече блока одной параллельной ветви позволило отказаться от применения индуктивных делителей тока.

© Л.Е. Бахнов, В.Н. Панасенко, 2015

Предусмотрена схема сигнализации о выходе из строя любого из силовых приборов, входящих в состав блока, с выдачей нормализованного сигнала во внешнюю схему и визуальной индикацией на панели машиниста. В модернизированном блоке устанавливается фильтр охлаждающего силовые полупроводниковые приборы воздуха.

Блок типа ВПБМ — 6000 У2 состоит из миниблоков. На рис. 2 показан миниблок.

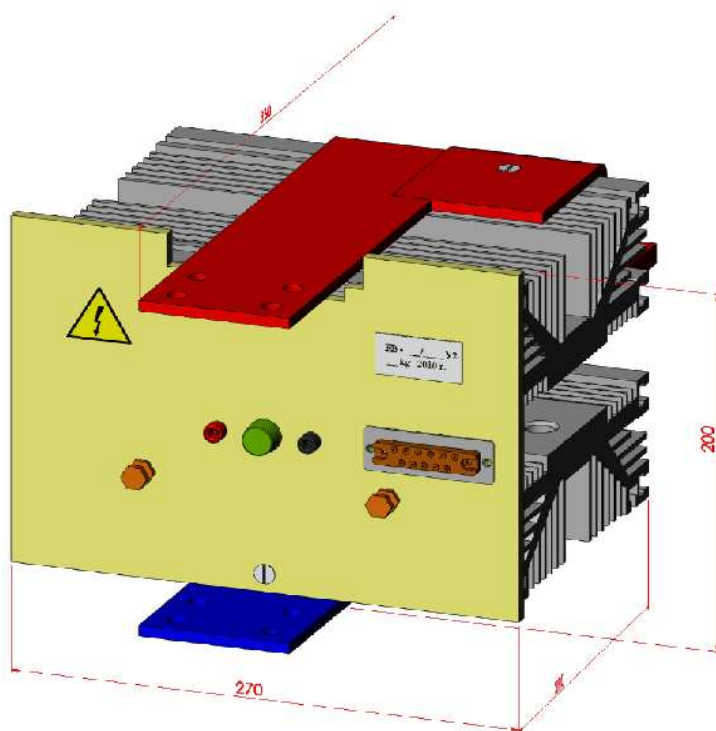


Рис.2. Миниблок. из состава ВПБМ — 6000 У2.

Такое построение конструкции выпрямительных блоков и выбор силовой элементной базы позволяет при выходе из строя любого одного силового полупроводникового прибора плеча сохранить работоспособность. А также позволяет произвести замену неисправного прибора во время проведения профилактики путем замены миниблока.

Алгоритм работы блока при управлении электровозом. Основные технические характеристики блоков.

Блок выпрямительный для питания тяговых двигателей постоянного тока тяговых агрегатов электровозом обеспечивает плавное регулирование напряжения в цепи питания.

На рис.3 представлена функциональная схема, поясняющая алгоритм работы блока.

Работа начинается когда контакты главного контроллера находятся в положении 1. При этом угол управления тиристорами изменяется от 90 эл.град. до 0 эл.град. После чего главный контроллер переводится в положение, при котором диоды без тока подключаются к той же отпайке трансформатора. Импульсы управления снимаются с тиристоров. В следующем положении главного контроллера тиристоры без тока подключаются к отпайке с более высоким уровнем напряжения. Далее идет регулирование за счет тиристоров и т. д.

Ниже приведены основные технические характеристики блока.

Номинальная мощность, кВт	6000
Выпрямленное напряжение блока:	
номинальное, В	1740
максимальное, В	2020
минимальное, В	1322

Номинальный ток блока при работе диодных и диодно-тиристорных плеч, А 2050

Допускается работа блока с выходным током 3400 А в течение 2 мин и 3060А в течение 15 мин.

Для обеспечения равномерного распределения напряжения по последовательно соединенным тиристорам и диодам в статическом режиме применяются резисторы, шунтирующие тиристоры и диоды, а для защиты полупроводниковых приборов от коммутационных перенапряжений параллельно им подключаются цепочки RC.

Неравномерность распределения обратных напряжений по последовательно соединенным тиристорам и диодам не превышает $\pm 10\%$ от их среднего значения.

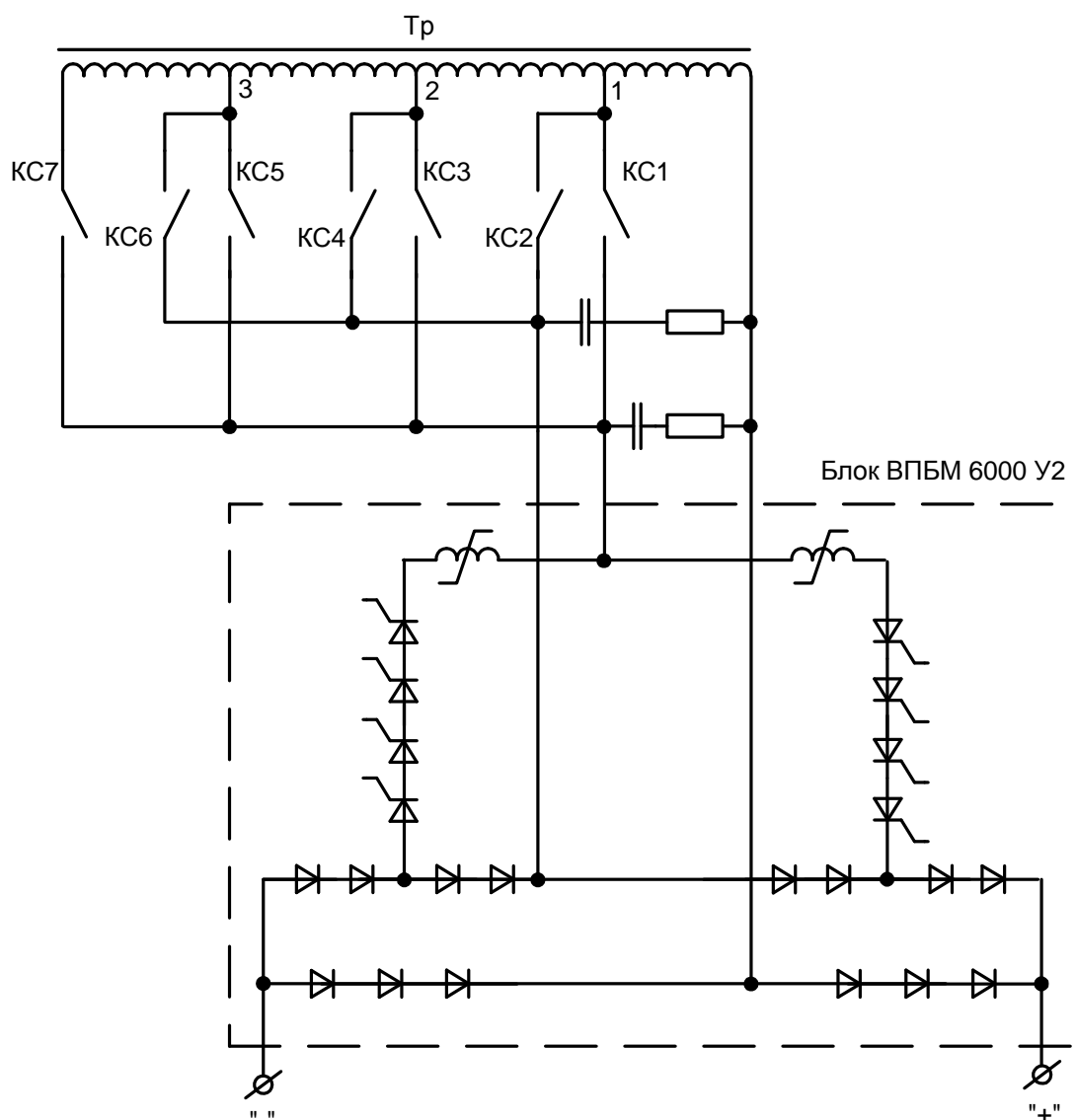


Рис.3. Функциональная схема ВПБМ — 6000 У2.

Каждое плечо ВПБМ содержит одну параллельную ветвь, что обеспечивается применением мощных таблеточных тиристоров Т173 – 5000 – 8 в сборе с охладителями типа О273 и таблеточных диодов Д163 – 2500 – 32 в сборе с охладителями типа О273.

Для осуществления одновременного включения последовательно соединенных тиристоров последовательно с ними в плечах подключаются дроссели задержки L1 и L2, входящие в состав блока.

Особенности конструкции блока.

Охлаждение ВПБМ – воздушное, принудительное. Направление движения воздуха – горизонтальное.

Каждый силовой полупроводниковый прибор в сборе с охладителем расположен в вынимаемом миниблоке (рис. 2), в который, кроме того, входят его защитные R и RC – цепи, а также система сигнализации неисправности прибора.

При выходе из строя одного силового полупроводникового прибора плеча блок сохраняет работоспособность и позволяет произвести замену неисправного прибора во время проведения профилактических мероприятий либо во время любой кратковременной остановки электровоза. Время замены миниблока – до 10 минут. В случае выхода из строя силового прибора загорается сигнальная лампа миниблока. Это позволяет легко найти место, где надо заменить блок. Это обстоятельство является важным в связи с тем, что место расположения блоков на электровозе ограничено.

Реализация преимуществ использования схемного решения модернизированного блока типа ВПБМ-6000 У2 потребовало проверки температурного режима работы полупроводниковых приборов. Конструкция прибора и его рабочие характеристики, указанные в технических условиях, однозначно определяют максимально допустимую температуру полупроводниковой структуры. Степень нагрева прибора определяется протекающим током и параметрами вольт-амперной характеристики вентиля.

$$\Theta = \Theta_{окр} + \varphi[i, R, U_{\gamma}(i)], \quad (1)$$

где $\Theta_{окр}$ - температура окружающей среды;

i – ток;

R – тепловое сопротивление системы полупроводниковая структура тиристора-окружающая среда;

$U_{\gamma}(i)$ - падение напряжения на тиристоре.

В установившемся режиме среднее значение температуры структуры определяется выражением [1]:

$$\Theta = \Theta_{окр} + RP, \quad (2)$$

где P – мощность потерь в приборе.

Выбор приборов производится с учетом только основных потерь в проводящем состоянии, т.к. остальные потери составляют 2 ÷ 5 % от основных [2].

$$\Theta = \Theta_{окр} + R \frac{1}{T} \int_0^{\tau} U_T i dt, \quad (3)$$

где T – период напряжения,

τ – время проводимости в течении периода;

U_T - падение напряжения на тиристоре.

При работе выпрямителя по сложному графику нагрузки, как это имеет место в нашем случае, необходимо определить температуру структуры в самой напряженной точке графика. Для определения этой точки использовалась методика изложенная в [3].

Импульсы мощности, выделяемые в приборе, аппроксимировались в виде прямоугольников. Температура структуры в самой напряженной точке графика определялась выражением (Л.3):

$$\Theta_{\max} = \Theta_{окр} + R_1 P_1 + R_2 P_2, \quad (4)$$

где P_1 и P_2 - средние мощности потерь в тиристоре соответственно в течение времени перегрузки и периода малой нагрузки;

R_1, R_2 - тепловые сопротивления.

Исходя из полученных результатов были выбраны полупроводниковые приборы.

Список литературы: 1. Тиристоры (технический справочник) – М.: «Энергия», 1971. 2. Антер Э. М. Выбор нагрузок тиристоров в мощных преобразовательных с использованием статистико-вероятностных методов – «Электричество», 1972, №9. 3. Давидов П.Д. Анализ и расчет тепловых режимов полупроводниковых приборов –М.: «Энергия», 1967.

Bibliography (transliterated): 1. Tiristoryi (tehnicheskiiy spravochnik) – Moskow.: «Energiya», 1971. 2. Apter E. M. Vyibor nagruzok tiristorov v moschnyih preobrazovatelnyih s ispolzovaniem statistiko-veroyatnostnyih metodov – «Elektrichestvo», 1972, №9. 3. David P. D. Analysis and calculation of thermal regimes of semiconductor devices, Moskow.: "Energy", 1967.

Поступила (received) 10.08.2015